



IMPLEMENTASI PROBLEM-BASED LEARNING DAN DEEP KNOWLEDGE TRACING DALAM PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN DASAR UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI JUNIOR PROGRAMMER

Zahra Humaira Salsabila¹⁾, Ekohariadi²⁾

¹⁾ Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: zzahraasalsa@gmail.com

²⁾ Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: idadirahoke@yahoo.com

Abstract

Object-Oriented Programming (OOP) learning in vocational high schools often faces challenges in improving students' problem-solving skills and monitoring their learning progress. This study aimed to analyze the effectiveness of implementing Problem-Based Learning (PBL) supported by Deep Knowledge Tracing (DKT) in improving junior programmer competencies. A pre-experimental method with a One Group Pretest–Posttest Design was employed involving 36 tenth-grade Software Engineering students at SMKN 10 Surabaya. Learning activities were conducted through the Skill Byte Learning Management System (LMS), which facilitated PBL activities and DKT-based learning analytics. Data were collected through pretest-posttest assessments, observations, and documentation, then analyzed using descriptive statistics, the Shapiro–Wilk normality test, and the Paired Sample *t*-Test. The results showed that the average cognitive score increased from 50.15 to 84.44, while the statistical test indicated a significance value of 0.000 ($p < 0.05$). These findings demonstrate that implementing PBL supported by DKT effectively improves students' competencies and assists teachers in monitoring learning progress through learning analytics. Therefore, this approach provides a more active, adaptive, and student-centered programming learning environment.

Keywords: Problem-Based Learning; Deep Knowledge Tracing; Learning Analytics; Junior Programmer; Object-Oriented Programming.

Abstrak

Pembelajaran Pemrograman Berorientasi Objek di Sekolah Menengah Kejuruan masih menghadapi tantangan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan memantau perkembangan belajar peserta didik. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep Knowledge Tracing (DKT) dalam meningkatkan kompetensi junior programmer. Penelitian menggunakan metode pre-experimental dengan desain One Group Pretest–Posttest yang melibatkan 36 peserta didik kelas X Rekayasa Perangkat Lunak SMKN 10 Surabaya. Pembelajaran dilaksanakan menggunakan LMS Skill Byte sebagai media implementasi PBL dan analitik pembelajaran berbasis DKT. Data dikumpulkan melalui tes pretest-posttest, observasi, dan dokumentasi, kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji normalitas Shapiro–Wilk, dan Paired Sample *t*-Test. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan rata-rata nilai pengetahuan dari 50,15 menjadi 84,44 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi PBL berbantuan DKT efektif meningkatkan kompetensi peserta didik sekaligus membantu guru memantau perkembangan penguasaan materi melalui analitik pembelajaran. Dengan demikian, pendekatan ini mampu menciptakan pembelajaran pemrograman yang lebih aktif, adaptif, dan berpusat pada peserta didik.

Kata Kunci: Problem-Based Learning; Deep Knowledge Tracing; Analitik Pembelajaran; Junior Programmer; Pemrograman Berorientasi Objek.



PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi pada berbagai bidang, termasuk pendidikan kejuruan yang menuntut pembelajaran lebih adaptif dan berorientasi pada penguasaan kompetensi. Dalam bidang rekayasa perangkat lunak, peserta didik tidak hanya dituntut memahami konsep teoritis, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan tersebut dalam menyelesaikan permasalahan nyata. Oleh karena itu, proses pembelajaran memerlukan strategi yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan secara sistematis agar kompetensi yang diperoleh selaras dengan kebutuhan dunia kerja.

Salah satu mata pelajaran yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi pada program keahlian Rekayasa Perangkat Lunak adalah Pemrograman Berorientasi Objek. Materi seperti *class*, *object*, *inheritance*, *encapsulation*, dan *polymorphism* saling berkaitan sehingga memerlukan pemahaman konseptual yang kuat. Kesulitan dalam memahami hubungan antarkonsep tersebut menyebabkan sebagian peserta didik mengalami hambatan ketika menerapkan konsep ke dalam penyelesaian studi kasus maupun pengembangan program. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan pemecahan masalah dan belum optimalnya kompetensi sebagai calon junior programmer.

Model Problem-Based Learning (PBL) merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. PBL menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran melalui penyelesaian masalah kontekstual yang berkaitan dengan dunia nyata. Selama proses pembelajaran, peserta didik didorong untuk mengidentifikasi masalah, mencari informasi, berdiskusi, merancang solusi, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh. Pendekatan ini dinilai mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan keterampilan pemecahan masalah yang menjadi kompetensi penting dalam bidang pemrograman.

Implementasi PBL menjadi semakin efektif apabila didukung oleh pemanfaatan teknologi pembelajaran digital. Learning Management System (LMS) memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara lebih terstruktur melalui penyediaan materi, diskusi, tugas, kuis, dan evaluasi dalam satu platform. Selain mempermudah akses pembelajaran, LMS juga menghasilkan data aktivitas belajar peserta didik yang dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi proses pembelajaran secara berkelanjutan.

Pemanfaatan data aktivitas belajar tersebut berkembang menjadi konsep *learning analytics*, yaitu proses mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data pembelajaran untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam *learning analytics* adalah Deep Knowledge Tracing (DKT). DKT memanfaatkan riwayat interaksi peserta didik selama proses pembelajaran untuk memodelkan perkembangan penguasaan konsep secara individual sehingga memberikan gambaran mengenai materi yang telah dikuasai maupun yang masih memerlukan pendampingan.

Bagi guru, informasi yang dihasilkan melalui DKT dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam memberikan umpan balik dan intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Sementara bagi peserta didik, visualisasi perkembangan belajar membantu mereka memahami capaian kompetensi yang telah diperoleh dan mendorong proses belajar yang lebih mandiri. Dengan demikian, DKT tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis, tetapi juga sebagai pendukung pembelajaran adaptif yang berorientasi pada kebutuhan masing-masing peserta didik.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan Problem-Based Learning mampu meningkatkan hasil belajar dan kemampuan pemecahan masalah pada pembelajaran pemrograman. Di sisi lain, berbagai penelitian mengenai Deep Knowledge Tracing membuktikan bahwa pendekatan tersebut mampu memprediksi tingkat penguasaan konsep peserta didik berdasarkan pola interaksi selama proses belajar. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih mengkaji kedua pendekatan tersebut secara terpisah sehingga belum banyak penelitian yang mengevaluasi implementasi PBL dengan dukungan DKT pada pembelajaran pemrograman di lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek di SMKN 10 Surabaya, proses pembelajaran telah memanfaatkan LMS sebagai media pembelajaran. Namun, guru masih mengalami kesulitan dalam memantau perkembangan penguasaan konsep setiap peserta didik karena evaluasi pembelajaran lebih banyak didasarkan pada nilai akhir. Akibatnya, peserta didik yang mengalami kesulitan memahami materi tidak dapat segera diidentifikasi untuk memperoleh pendampingan yang sesuai. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya implementasi pembelajaran yang tidak hanya berpusat pada penyelesaian masalah, tetapi juga didukung oleh analitik pembelajaran yang mampu memantau perkembangan belajar secara individual.

Penelitian ini mengimplementasikan Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing menggunakan LMS Skill Byte sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek. Dalam penelitian ini, LMS tidak menjadi objek pengembangan, melainkan berfungsi sebagai sarana yang mendukung pelaksanaan sintaks PBL serta penyajian analitik pembelajaran berbasis DKT. Integrasi kedua pendekatan tersebut diharapkan mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih aktif, adaptif, dan berorientasi pada kebutuhan peserta didik.

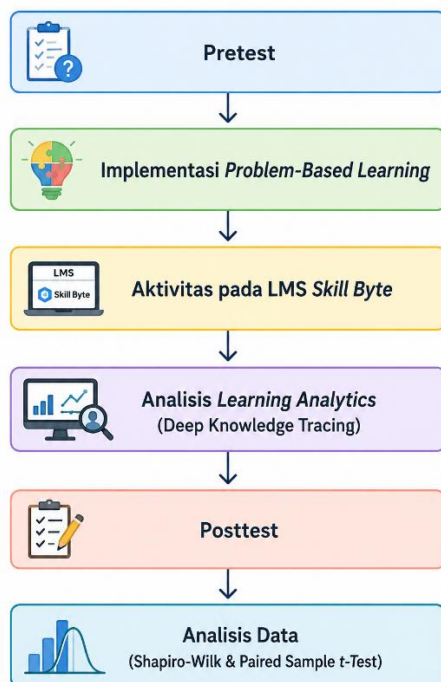
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas implementasi Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing terhadap peningkatan kompetensi junior programmer pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai alternatif strategi pembelajaran berbasis teknologi yang mendukung peningkatan kompetensi peserta didik sekaligus membantu guru dalam memantau perkembangan belajar secara lebih efektif.



METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pre-experimental menggunakan desain One Group Pretest–Posttest Design. Desain ini digunakan untuk menganalisis efektivitas implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep Knowledge Tracing (DKT) terhadap peningkatan kompetensi junior programmer pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek (PBO). Penelitian dilaksanakan di SMKN 10 Surabaya dengan melibatkan 36 peserta didik kelas X Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) sebagai subjek penelitian.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pemberian pretest untuk mengukur kemampuan awal peserta didik. Selanjutnya, peserta didik mengikuti pembelajaran menggunakan LMS Skill Byte yang mengimplementasikan sintaks Problem-Based Learning, meliputi orientasi terhadap masalah, investigasi, pengembangan solusi, presentasi hasil, dan refleksi. Selama proses pembelajaran, aktivitas peserta didik pada LMS dianalisis menggunakan Deep Knowledge Tracing (DKT) untuk memantau perkembangan penguasaan materi secara individual. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, peserta didik diberikan posttest untuk mengukur peningkatan kompetensi. Tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Implementasi Problem-Based Learning dan Deep Knowledge Tracing.

Data penelitian dikumpulkan melalui tes hasil belajar, observasi, dan dokumentasi aktivitas peserta didik pada LMS Skill Byte. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif, dilanjutkan dengan uji normalitas Shapiro–Wilk untuk mengetahui distribusi data. Selanjutnya, Paired Sample t-Test digunakan untuk

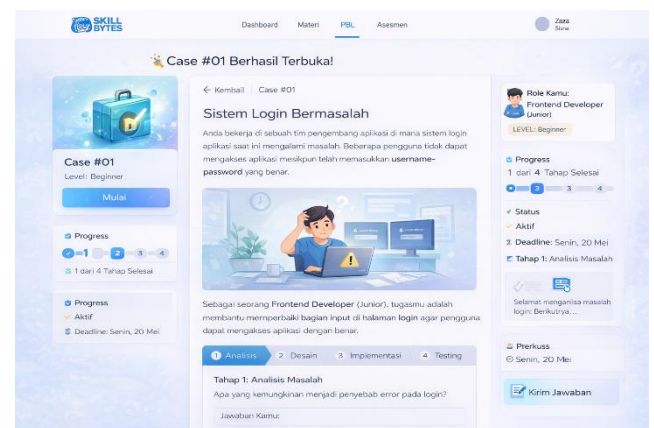
menganalisis perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah implementasi Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing dengan tingkat signifikansi sebesar 5%.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Implementasi Problem-Based Learning pada Pembelajaran PBO

Implementasi Problem-Based Learning (PBL) pada penelitian ini dilakukan menggunakan Learning Management System (LMS) Skill Byte sebagai media pembelajaran digital. LMS berperan sebagai sarana yang memfasilitasi setiap tahapan pembelajaran mulai dari penyampaian permasalahan, diskusi kelompok, pengumpulan tugas, hingga evaluasi hasil belajar. Dengan memanfaatkan LMS, seluruh aktivitas pembelajaran dapat berlangsung secara lebih terstruktur dan terdokumentasi sehingga peserta didik dapat mengikuti setiap tahapan pembelajaran sesuai alur yang telah dirancang.

Tahap pertama dalam implementasi PBL adalah orientasi terhadap masalah. Pada tahap ini guru memberikan studi kasus yang berkaitan dengan materi Pemrograman Berorientasi Objek (PBO), seperti perancangan sistem sederhana menggunakan konsep kelas, objek, dan pewarisan. Studi kasus disajikan melalui LMS Skill Byte sehingga peserta didik dapat mengakses deskripsi masalah, tujuan pembelajaran, serta petunjuk penyelesaian secara mandiri. Permasalahan yang diberikan dirancang agar menyerupai kondisi nyata sehingga mampu mendorong peserta didik mengidentifikasi kebutuhan penyelesaian masalah sebelum mempelajari konsep yang relevan.



Gambar 2. Halaman Studi Kasus pada LMS Skill Byte

Setelah memahami permasalahan yang diberikan, peserta didik melakukan investigasi secara berkelompok dengan mencari referensi yang relevan serta mendiskusikan alternatif solusi berdasarkan konsep Pemrograman Berorientasi Objek. Guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan arahan apabila peserta didik mengalami kesulitan selama proses penyelesaian masalah. Seluruh hasil diskusi kemudian dituangkan ke dalam solusi yang akan dipresentasikan pada akhir kegiatan pembelajaran.

Tahap selanjutnya adalah presentasi hasil penyelesaian masalah. Setiap kelompok memaparkan solusi yang telah dikembangkan, baik berupa rancangan maupun implementasi program, kemudian memperoleh masukan



dari guru maupun kelompok lain. Kegiatan ini bertujuan melatih kemampuan komunikasi, kolaborasi, dan argumentasi peserta didik dalam menjelaskan solusi yang dipilih.



Gambar 3. Sesi Presentasi Studi Kasus

Setelah seluruh kelompok menyampaikan hasil pekerjaannya, guru bersama peserta didik melakukan refleksi terhadap proses pembelajaran. Refleksi dilakukan dengan mengevaluasi kesesuaian solusi yang dihasilkan, mengidentifikasi konsep yang masih belum dipahami, serta memberikan umpan balik untuk perbaikan pada pembelajaran berikutnya. Melalui implementasi tersebut, Problem-Based Learning mampu mendorong peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran sekaligus meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada materi Pemrograman Berorientasi Objek.

Pemanfaatan Deep Knowledge Tracing dalam Monitoring Pembelajaran

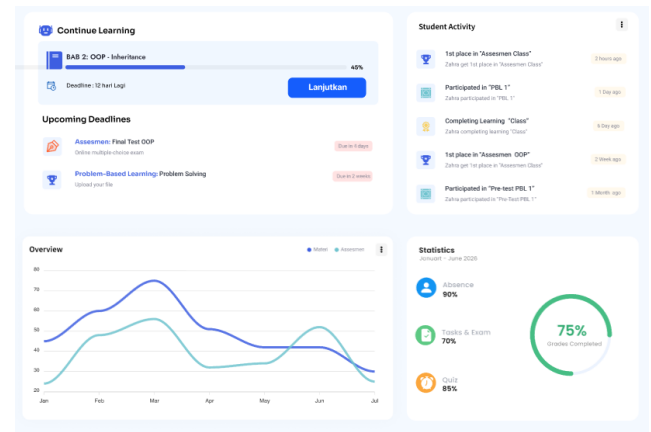
Selain mendukung implementasi Problem-Based Learning (PBL), LMS Skill Byte dilengkapi dengan fitur Deep Knowledge Tracing (DKT) yang dimanfaatkan sebagai analitik pembelajaran untuk memantau perkembangan belajar peserta didik. DKT mengolah data interaksi peserta didik selama proses pembelajaran, seperti aktivitas mengakses materi, penyelesaian latihan, hasil kuis, dan penyelesaian tugas. Informasi tersebut digunakan untuk menggambarkan tingkat penguasaan materi setiap peserta didik sehingga guru dapat memperoleh gambaran perkembangan belajar secara lebih komprehensif dibandingkan hanya menggunakan nilai akhir.

Tabel 1. Data Aktivitas yang Dianalisis oleh Deep Knowledge Tracing

Aktivitas Peserta Didik	Informasi yang Dihasilkan
Mengakses materi	Riwayat pembelajaran
Mengerjakan latihan	Tingkat penguasaan materi
Menyelesaikan kuis	Perkembangan hasil belajar
Mengumpulkan tugas	Capaian penyelesaian aktivitas
Riwayat aktivitas	Progress pembelajaran

Berdasarkan data aktivitas tersebut, sistem menampilkan dashboard perkembangan belajar yang menyajikan informasi mengenai capaian pembelajaran setiap peserta didik. Dashboard memberikan visualisasi

perkembangan belajar secara individual sehingga guru dapat mengetahui materi yang telah dikuasai maupun materi yang masih memerlukan pendampingan. Informasi ini membantu guru dalam melakukan monitoring pembelajaran secara berkelanjutan tanpa harus menunggu hasil evaluasi pada akhir pembelajaran.



Gambar 4. Dashboard Analitik pada LMS Skill Byte

Selain dashboard, LMS Skill Byte juga menampilkan tracking penguasaan materi yang memperlihatkan perkembangan penyelesaian setiap topik pembelajaran. Setiap aktivitas yang berhasil diselesaikan akan memperbarui status capaian peserta didik sehingga perkembangan belajar dapat dipantau secara bertahap. Visualisasi tersebut memudahkan peserta didik untuk mengetahui materi yang telah dipahami serta materi yang masih perlu dipelajari kembali. Dengan demikian, peserta didik memperoleh umpan balik yang dapat digunakan untuk mengatur strategi belajar secara lebih mandiri.



Gambar 4. Visualisasi Progress Penguasaan Materi Peserta Didik

Sebagai bentuk motivasi belajar, LMS Skill Byte menerapkan mekanisme unlock level, yaitu fitur yang memungkinkan peserta didik membuka materi atau aktivitas pembelajaran berikutnya setelah menyelesaikan tahapan sebelumnya. Pendekatan ini mendorong peserta didik untuk mengikuti alur pembelajaran secara bertahap serta memastikan setiap kompetensi dasar dipelajari sebelum melanjutkan ke materi berikutnya. Selain meningkatkan keterlibatan peserta didik, mekanisme tersebut juga memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai progres belajar selama proses pembelajaran berlangsung.

Informasi yang dihasilkan melalui Deep Knowledge Tracing dimanfaatkan guru sebagai dasar dalam



memberikan umpan balik dan pendampingan kepada peserta didik. Guru dapat mengidentifikasi peserta didik yang mengalami kesulitan pada materi tertentu sehingga intervensi pembelajaran dapat dilakukan secara lebih cepat dan tepat sasaran. Dengan adanya analitik pembelajaran berbasis DKT, proses monitoring tidak lagi hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga mempertimbangkan perkembangan belajar peserta didik selama mengikuti setiap tahapan pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan Deep Knowledge Tracing mampu mendukung pembelajaran yang lebih adaptif, personal, dan berorientasi pada kebutuhan peserta didik.

Hasil Peningkatan Kompetensi Junior Programmer

Peningkatan kompetensi junior programmer dianalisis berdasarkan hasil pretest dan posttest yang diberikan sebelum dan sesudah implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep Knowledge Tracing (DKT). Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai perubahan kemampuan peserta didik pada materi Pemrograman Berorientasi Objek. Hasil analisis meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata (*mean*), dan standar deviasi.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Pretest dan Posttest

Statistik	Pretest	Posttest
Jumlah Peserta Didik	36	36
Nilai Minimum	30,50	73,75
Nilai Maksimum	70,00	96,75
Rata-rata (Mean)	50,15	84,44
Standar Deviasi	10,01	5,65

Berdasarkan Tabel 2, terjadi peningkatan hasil belajar peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing. Nilai rata-rata meningkat dari 50,15 pada saat pretest menjadi 84,44 pada saat posttest atau mengalami peningkatan sebesar 34,29 poin. Selain itu, nilai minimum meningkat dari 30,50 menjadi 73,75, sedangkan nilai maksimum meningkat dari 70,00 menjadi 96,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar tidak hanya terjadi pada peserta didik dengan kemampuan tinggi, tetapi juga pada peserta didik dengan kemampuan awal yang lebih rendah.

Nilai standar deviasi mengalami penurunan dari 10,01 menjadi 5,65, yang menunjukkan bahwa variasi hasil belajar peserta didik setelah implementasi pembelajaran menjadi lebih kecil dibandingkan sebelum pembelajaran. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penguasaan materi peserta didik menjadi lebih merata setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing. Dengan demikian, implementasi pembelajaran tidak hanya meningkatkan capaian hasil belajar, tetapi juga menghasilkan distribusi kompetensi yang lebih konsisten di antara peserta didik.

Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan untuk menguji signifikansi peningkatan hasil belajar peserta didik setelah

implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep Knowledge Tracing (DKT). Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data hasil pretest dan posttest terlebih dahulu diuji menggunakan Shapiro–Wilk untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi distribusi normal.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pre_Pengetahuan	.105	36	.200 [*]	.980	36	.741
Post_Pengetahuan	.104	36	.200 [*]	.975	36	.563

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 5. Hasil Uji Normalitas Shapiro–Wilk

Berdasarkan hasil uji normalitas pada Gambar 5, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,741 untuk data pretest dan 0,563 untuk data posttest. Kedua nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikansi 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil penelitian berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas, data memenuhi persyaratan untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji parametrik Paired Sample *t*-Test.

Selanjutnya, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan Paired Sample *t*-Test untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah implementasi pembelajaran. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.

Paired Samples Test

Pair	Pre_Pengambilan- Post_Pengambilan	Paired Differences						t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower	Upper				
Pair 1	Pre_Pengambilan- Post_Pengambilan	-34.28472	6.52335	1.08723	-36.49191	-32.07754	-31.534	35	.000	

Gambar 6. Hasil Uji Paired Sample t-Test

Berdasarkan hasil uji pada Gambar 6, diperoleh nilai mean difference sebesar -34,28, nilai t sebesar -31,534, serta nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,000. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05, sehingga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Dengan demikian, implementasi Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kompetensi peserta didik pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek.

Hasil analisis ini memperkuat temuan pada statistik deskriptif yang menunjukkan adanya peningkatan rata-rata hasil belajar setelah proses pembelajaran dilaksanakan. Integrasi Problem-Based Learning dengan Deep Knowledge Tracing tidak hanya mendorong peserta didik untuk aktif menyelesaikan permasalahan, tetapi juga memberikan informasi mengenai perkembangan penguasaan materi yang dapat dimanfaatkan guru dalam memberikan umpan balik dan pendampingan secara lebih tepat sasaran.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep Knowledge Tracing (DKT) mampu meningkatkan



kompetensi peserta didik pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek. Peningkatan tersebut ditunjukkan melalui kenaikan rata-rata nilai dari 50,15 pada saat pretest menjadi 84,44 pada saat posttest serta didukung oleh hasil Paired Sample *t*-Test yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang berpusat pada penyelesaian masalah mampu membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam dibandingkan pembelajaran yang berorientasi pada penyampaian materi secara konvensional. Selama proses pembelajaran, peserta didik tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi juga dituntut untuk mengidentifikasi permasalahan, mencari informasi pendukung, berdiskusi, dan menyusun solusi berdasarkan konsep Pemrograman Berorientasi Objek. Aktivitas tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna sehingga berdampak pada peningkatan hasil belajar.

Peningkatan kompetensi peserta didik tidak terlepas dari karakteristik Problem-Based Learning yang menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran (*student-centered learning*). Melalui penyelesaian studi kasus yang berkaitan dengan pengembangan perangkat lunak, peserta didik dilatih untuk menganalisis permasalahan, menyusun alternatif solusi, serta mengimplementasikan konsep Pemrograman Berorientasi Objek ke dalam penyelesaian kasus yang diberikan. Pendekatan tersebut mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah yang merupakan kompetensi penting bagi calon junior programmer. Selain meningkatkan pemahaman konseptual, penerapan PBL juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan teori dengan situasi yang lebih kontekstual sehingga proses pembelajaran menjadi lebih aktif dan bermakna.

Selain penerapan Problem-Based Learning, pemanfaatan Deep Knowledge Tracing memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran melalui penyediaan analitik pembelajaran yang mampu memantau perkembangan penguasaan materi setiap peserta didik. Informasi yang diperoleh dari aktivitas peserta didik pada LMS memungkinkan guru mengidentifikasi materi yang telah dikuasai maupun materi yang masih memerlukan pendampingan. Dengan demikian, guru dapat memberikan umpan balik dan intervensi pembelajaran secara lebih tepat sasaran. Di sisi lain, visualisasi perkembangan belajar yang ditampilkan kepada peserta didik membantu mereka mengevaluasi capaian belajar secara mandiri sehingga dapat menentukan strategi belajar yang lebih sesuai dengan kebutuhannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa Deep Knowledge Tracing tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga mendukung terciptanya pembelajaran yang lebih adaptif.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa Problem-Based Learning berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan hasil belajar peserta didik pada bidang pemrograman. Demikian pula, penelitian mengenai Deep Knowledge Tracing menunjukkan bahwa analitik pembelajaran mampu

memberikan informasi mengenai perkembangan penguasaan konsep peserta didik secara berkelanjutan sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam proses pembelajaran. Perbedaan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada integrasi kedua pendekatan tersebut dalam pembelajaran Pemrograman Berorientasi Objek di Sekolah Menengah Kejuruan. Integrasi PBL dan DKT tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga menyediakan informasi perkembangan belajar yang dapat dimanfaatkan guru untuk melakukan pendampingan secara lebih efektif.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing dapat menjadi alternatif strategi pembelajaran yang mendukung peningkatan kompetensi peserta didik di Sekolah Menengah Kejuruan, khususnya pada bidang Rekayasa Perangkat Lunak. Melalui pembelajaran berbasis masalah yang didukung analitik pembelajaran, guru tidak hanya memperoleh informasi mengenai hasil belajar akhir, tetapi juga dapat memantau proses belajar peserta didik secara berkelanjutan. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi sekolah maupun pendidik dalam mengoptimalkan pemanfaatan Learning Management System sebagai media pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga mendukung monitoring, evaluasi, dan pengambilan keputusan pembelajaran secara lebih efektif.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep Knowledge Tracing (DKT) dalam meningkatkan kompetensi junior programmer pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi PBL melalui LMS Skill Byte mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih aktif, kolaboratif, dan berpusat pada peserta didik. Selain itu, pemanfaatan Deep Knowledge Tracing mendukung proses monitoring perkembangan belajar melalui analitik pembelajaran sehingga guru dapat mengidentifikasi tingkat penguasaan materi setiap peserta didik dan memberikan umpan balik secara lebih tepat sasaran.

Berdasarkan hasil analisis statistik, terjadi peningkatan hasil belajar peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Problem-Based Learning berbantuan Deep Knowledge Tracing, yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata pretest dan posttest serta hasil uji Paired Sample *t*-Test yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara sebelum dan sesudah pembelajaran. Dengan demikian, implementasi Problem-Based Learning yang didukung Deep Knowledge Tracing terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi peserta didik pada pembelajaran Pemrograman Berorientasi Objek serta berpotensi menjadi alternatif strategi pembelajaran adaptif di Sekolah Menengah Kejuruan, khususnya pada program keahlian Rekayasa Perangkat Lunak.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi Problem-Based Learning (PBL) berbantuan Deep



Knowledge Tracing (DKT) dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif strategi pembelajaran pada mata pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek maupun mata pelajaran produktif lainnya di Sekolah Menengah Kejuruan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan desain eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol dan jumlah responden yang lebih besar agar efektivitas pembelajaran dapat dibandingkan secara lebih komprehensif. Selain itu, pengembangan fitur Deep Knowledge Tracing dapat diarahkan pada penyajian analitik pembelajaran yang lebih rinci, seperti prediksi performa peserta didik, rekomendasi materi pembelajaran yang bersifat adaptif, serta sistem peringatan dini (*early warning system*) bagi peserta didik yang berpotensi mengalami kesulitan belajar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, E. M., Solfitri, T., & Anggraini, R. D. (2024). "Problem Based Learning: Solusi Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis." *MATHEMA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1).
- Alshira'h, M., Al-Omari, M., & Igried, B. (2021). "Usability Evaluation of Learning Management Systems (LMS) Based on User Experience." *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(11).
- Aulia Rahma Dewi, Syahrin Siregar, A., & Rofiki, I. (2025). "Development of a Learning Management System (LMS) Based on Canvas Instructure to Support Students' Critical Thinking Skills." *Jurnal Riset Pendidikan dan Inovasi Pembelajaran Matematika (JRPIPM)*, 8(2), 109–127. <https://doi.org/10.26740/jrpijm.v8n2.p109-127>
- Bakhrun, A. (2025). "Perancangan Sistem Pembelajaran Daring Menggunakan Model ADDIE." *JOEAI (Journal of Education and Instruction)*, 4(2). <https://doi.org/10.31539/joeai.v4i2.2887>
- Dianti Eka Aprilia, S., Triputra, S., Agustningsih, R. D., & Safitri, A. G. (2024). "Automated Assessment of Students' Attitudes and Academic Resilience Through Learning Management System Data Integration." *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(3), 1066–1075. <https://doi.org/10.21009/jtp.v26i3.51055>
- Dilaines, L. E., Astuti, E., & Yusdita, E. E. (2024). "Improving Student Learning Outcomes Through Accurate Online Modules with the ADDIE Model." *Journal of Education Technology*, 8(2), 275–286. <https://doi.org/10.23887/jet.v8i2.67576>
- Dwi Yanti, H. (2024). "Pengembangan E-Learning Berbasis Website dengan Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa pada Mata Pelajaran Pemrograman Berorientasi Objek di SMKN 2 Mojokerto." **Skripsi**.
- Febrianti, A., & Sujatmiko, B. (2024). "Pengembangan LMS Moodle Berbasis Project-Based Learning dengan Pendekatan Computational Thinking untuk Meningkatkan Kompetensi Junior Web Developer." *IT-Edu: Jurnal Information Technology and Education*, 10(3). <https://doi.org/10.26740/it-edu.v10i3.71093>
- Indrawan, D. R., Sucipto, & Ristyawan, A. (2024). "Optimalisasi Fitur Moodle Menggunakan Model Pengembangan ADDIE." *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Komputer*, 3(1). <https://doi.org/10.53624/jsitik.v3i1.431>
- Ismanto, E., Herlandy, B., Rahmadani, R., Herlandy, P. B., et al. (2023). "Pengembangan Learning Management System (LMS) dengan Pendekatan Self Directed Learning (SDL) untuk Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Kota Pekanbaru."
- Karnando, J., Muskhir, M., & Luthfi, A. (2024). "Exploring Python Programming: A Project Based Learning-Centric Learning Experience." *Journal of Education Technology*, 8(2), 306–314. <https://doi.org/10.23887/jet.v8i2.68694>
- Khakim, N., Santi, N. M., Bahrul, A., Assalami, U., Putri, E., & Fauzi, A. (2022). "Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning dalam Meningkatkan Motivasi Belajar PPKn di SMP YAKPI 1 DKI Jaya." *Jurnal Citizenship Virtues*, 2, 347–358.
- Mahmuza, R., Zahara, Y., & Sinaga, N. A. (2024). "Analisis Validitas Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi Smart Apps Creator Bermuatan Literasi Numerasi."
- Mokodompit, D., Olii, S., & Takdir, R. (2022). "Pengembangan Media Pembelajaran pada Materi Perangkat Lunak Pengolah Gambar Vektor di SMK Negeri 1 Gorontalo." *Journal of Information Technology Education*, 2(2).
- Mostefai, B., Boutefera, T., Bousbia, N., Balla, A., Dhelim, S., & Hammia, A. (2025). "Enhancing User Experience in E-Learning Systems: A New User-Centric RESTful Web Services Approach." *Computers in Human Behavior Reports*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100643>
- Silitonga, A. I., Hastuti, P., Thohiri, R., & Pulungan, A. F. (2022). "Implementasi ADDIE Model dalam Pengembangan E-Module Berbasis Case Method." *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 6(2), 101–110. <https://doi.org/10.29103/sisfo.v6i2.10298>
- Stai, E. K., Khez, D. R., Purwakarta, M., Edlina, M., Stai, M., Nada, S., Stai, L., Stai, U. N., Setiawan, U., & Khez, S. D. (2023). "Evaluasi Media Pembelajaran." *Journal of Student Research (JSR)*, 1(2).
- Wardani, D. K., Kh, U. A., Wahab, H., Meiga, N., Shokiba, U., Chusnul, C., & Universitas, K. A. (2025). "Paired T-Test to Determine the Effect of Smart Paperboard Learning Media on Student Learning Outcomes in the Subject of Islamic Cultural History." *Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 14(1), 113–125. <https://doi.org/10.18592/tarbiyah.v14i1.15871>
- Zhang, Y., Huang, Z., Dai, H., Lu, X., Su, H., Liu, X., & Yang, S. (2022). "Deep Knowledge Tracing with Learning Curves."
- Zhou, X., Zhang, Z., Xie, X., & Zhang, J. (2025). "Deep Learning Based Knowledge Tracing in Intelligent Tutoring Systems." *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07422-7>